La geoestadística en el comportamiento de la variabilidad espacial de *Aphis spp.* y *Alabama argillacea* en el cultivo de algodón.

Tannure, Claudia L. J.[1] - Contreras, Gladis B.[2] - Mazza, Silvia M.[1]
Schroeder, Juan A.[1] - Polak, Marcelo G.[2] - Avanza, María M.[1]

Trabajo Financiado por la SGCyT-UNNE.

1.Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE.
Sargento Cabral 2131 - (3400) Corrientes - Argentina.
E-mail: cltannure@agr.unne.edu.ar
2.EEA Sáenz Peña - INTA.

ANTECEDENTES

El adecuado control de insectos plaga es uno de los aspectos más importantes en el manejo del cultivo del algodonero (*Gossypium hirsutum*, L.) tanto desde el punto de vista económico como ecológico (Castella *et al*.., 1999; Dai-XF *et al*.., 1996 Mazza de Gaiad *et al*., 1996).
El conocimiento del comportamiento espacial de las poblaciones de los insectos plaga, en los diferentes estadíos del cultivo, es un factor trascendente en la selección de técnicas de muestreo para la detección del momento óptimo de la aplicación de prácticas de control.
La Estadística Clásica brinda técnicas adecuadas para el estudio de la variabilidad espacial y las técnicas de Geoestadística, desarrolladas primeramente para el estudio de la variabilidad espacial de minerales, aplicadas en estudios geológicos y posteriormente trasladadas a otras áreas del conocimiento, pueden ser aplicadas con éxito en el análisis del comportamiento de poblaciones biológicas.
La Geostadística es la aplicación de la teoría de las variables regionalizadas, es decir las variables que presentan una estructura espacial de correlación, a la estimación de procesos o fenómenos espaciales. Desde un punto de vista teórico, la Geostadística se basa en conceptos y herramientas ya existentes en otros campos de la Estadística como procesos estocásticos estacionarios, técnicas de análisis de la variancia y predicción por mínimos cuadrados, con una extensión al caso de funciones aleatorias en dos o más dimensiones (Chica Olmo *et al.*, 1995).
La interpretación probabilística de una variable regionalizada como realización de una función aleatoria requiere inferir, por lo menos en parte la función de distribución de la variable, para lo cual es necesario introducir hipótesis adicionales sobre la variable que tienen que ver con la homogeneidad espacial de la función aleatoria. Por ejemplo suponen que la función aleatoria es estacionaria, puede pensarse como equivalente a que se "repite" en el espacio y esa "repetición" proporciona la información de muchas realizaciones de la misma función y permite la inferencia (Samper Calvete y Carrera Ramírez, 1990).
En Geoestadística lineal es suficiente la estimación de los dos primeros momentos de la distribución. El primer momento E[Z(x)] es conocido cómo deriva o también tendencia. Como momentos de segundo orden de Z(x) con respecto a m(x) son importantes la varianza Var $[Z(x)]= E\{[Z(x-m_{(x)})]^2\}$, que, en general, es una función de x; la covarianza $C(x_i,x_j)= E\{[Z(x_i)-m(x_i)]\,[Z(x_j)-m(x_j)]\}$que, en general es una función de x_i y x_j, el semivariograma $\tilde{a}(x_i\, x_j)= 1/2E\{[Z(x_{i)} - Z(x_j)]^2\}$. El semivariograma es pues, 2 $\tilde{a}(x_i\, x_j)$ (Samper Calvete y Carrera Ramírez, 1990).
Se dice que una función aleatoria Z(x) es estacionaria de orden 2 se E[Z(x)] existe y no depende de x y si para todo par de variables aleatorias {(x+h), Z (x)} su covarianza existe y solo depende del vector de separación h.
Bajo la hipótesis de estacionariedad el semivariograma es igual a la diferencia entre la varianza y la covarianza, sin embargo cuando la media varía "lentamente" de forma que la escala local se puede suponer constante, el semivariograma es independiente del valor local de dicha media, mientras que la covarianza requiere su estimación (Samper Calvete y Carrera Ramírez, 1990).
En la práctica, cuando la varianza es grande, la covarianza suele tomar valores grandes y estar mal definida cerca del origen; el semivariograma en cambio toma valores pequeños y presenta un mejor comportamiento para los mismos datos. Si Z es estacionaria, alcanza un valor límite constante llamado meseta que coincide con σ^2 de Z, la distancia a la que se alcanza este valor se denomina rango o alcance y marca la zona de influencia entorno a un punto, más allá del cual la correlación espacial es nula. Se asume que el rango o alcance en los modelos esférico, lineal y lineal con meseta es idéntico al parámetro (Ao), en el caso del modelo exponencial y el modelo gausiano el rango efectivo es un múltiplo del parámetro, 3Ao para el primer caso y 1.73Ao para el segundo, e indica el punto hasta el cual el modelo incluye el 95% de la meseta (C+Co). Aunque $\Upsilon(0)=0$, con frecuencia el semivariograma es discontínuo en el origen con un salto finito que se conoce como efecto pepita, un último valor

lo constituye la distancia integral, punto que equilibra las áreas del semivariograma y que suele emplearse para medir el grado de correlación espacial de la variable (Ibáñez & Machado, 1995).

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con un muestreo sistemático con arranque aleatorio (Cochran, 1974; Scheaffer, *et. al.*, 1979; Steel y Torrie, 1988), de treinta puntos de muestreo formados por cinco plantas cada uno, en lotes homogéneos de algodón , en la EEA INTA Saénz Peña, durante la campaña 97/98.
En los treinta puntos de muestreo, semanalmente se evaluó la cantidad de insectos para *Aphis spp*. Y *Alabama argillacea*.
Se analizó la variabilidad espacial mediante técnicas de geoestadística, para ello se calcularon los semivariogramas para las diferentes fechas de muestreo y seguidamente se probó ajuste a los distintos modelos teóricos (esférico, lineal, lineal con meseta, exponencial y gausiano), determinándose el rango o alcance para cada caso, mediante Excell, GS+, Variowin y Geoeas de propiedad de la Facultad de Ciencias Agrarias –UNNE. (GS+, 2001).

DISCUSION DE RESULTADOS

Se detecta una variación en el comportamiento espacial de estas poblaciones en diferentes etapas del ciclo del cultivo, las que están asociadas a las fluctuaciones de las densidades poblacionales.

Pulgones:
Con muy bajas intensidades de infestación se logra un mejor ajuste con el modelo lineal, que explica en algunos casos el 93% de la variabilidad (Fig.Nº 1), cuando éstas se incrementan, el modelo esférico logra explicar el 99% de la variabilidad (Fig.Nº 2), y con intensidades más altas el modelo exponencial, alcanza a explicar en algunos casos hasta el 87% de la variabilidad (Fig.Nº 3).

Alabama Larvas:
En casos de infestación baja y fundamentalmente localizada, se detecta mejor comportamiento de los modelos: lineal con una explicación de entre el 73 y el 95% de la variabilidad (Fig.Nº 1); y el esférico, que logra explicar hasta el 99% de la variabilidad en algunos casos (Fig.Nº 2). Cuando la infestación es mas elevada y fundamentalmente generalizada, ajusta mejor el modelo exponencial con un porcentaje de explicación que oscila entre el 36 y el 98% (Fig.Nº 3).
Las dos especies estudiadas presentan dependencia espacial, con un alcance que varía entre 284 y 330 m. para pulgones; y entre 192 m. y 330 m. para *Alabama argillacea.*

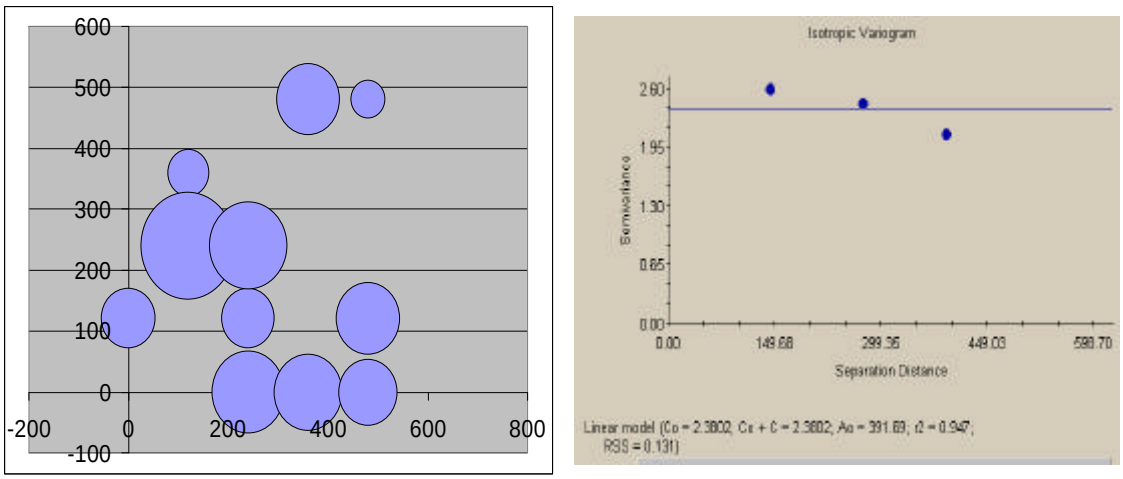

Fig. Nº 1: Baja intensidad de infestación: Esquema de distribución de la infestación y semivariograma.

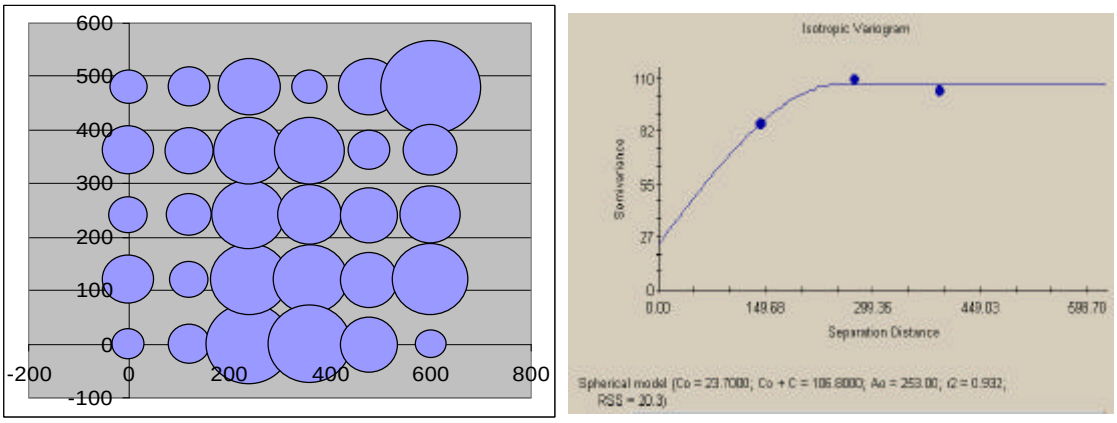

Fig.Nº 2: Mediana intensidad de infestación: Esquema de distribución de intensidad y semivariograma.

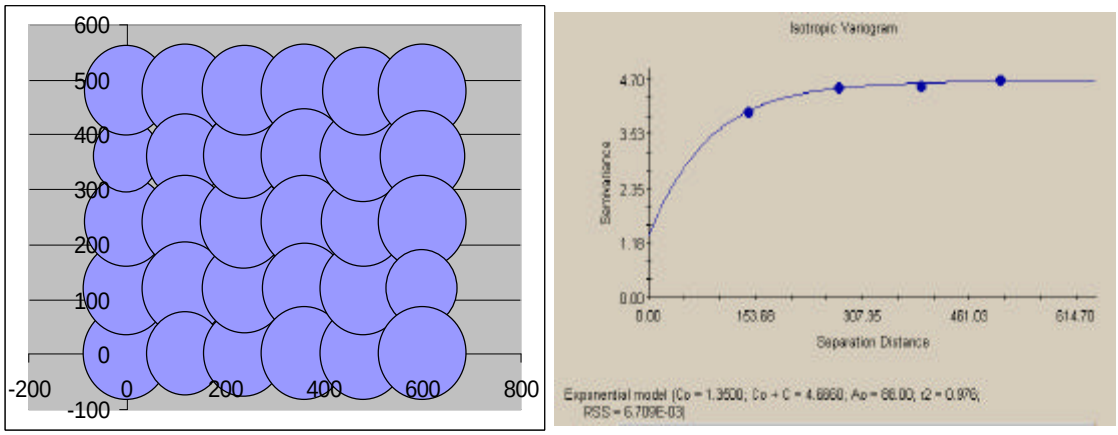

Fig.Nº 3: Alta intensidad de infestación: Esquema de distribución de la infestación y esmivariograma.

CONCLUSION

Para asociar menor esfuerzo y mayor representatividad, en futuros muestreos en condiciones semejantes, se sugiere intervalos iguales o mayores al alcance de la dependencia espacial.

BIBLIOGRAFIA

1. Castella, J.C.; D. Jourdain; G. Trebuil; B. Napompeth. 1999. A systems approach to understanding obstacles to effective implementation of IPM in Thailand: key issues for the cotton industry. Agric. Ecosyst. Environ. 72(1):17-34, 1999.
2. Chica Olmo, M., J. Delgado García, E. Pardo Igúzquiza. 1995. Introducción al Análisis Geoestadístico de variables espaciales. Logroño.308p.
3. Cochran, W.G. 1974. Muestreo Simple al Azar (Cap. 2) y Muestreo por Conglomerados (Cap. 9) Técnicas de Muestreo. Continental S.A. México.
4. GS+. 2001. Manual del usuario.

5. Dai, X.F.; Y.Y. Guo; Qiu-SiBang. 1996. Research on cotton main pests integrated management in China: present state and strategy. Progress of research on plant protection in China. Proc. Third National Conference of Integrated Pest Management, Beijing, China, 12-15 November 1996. 1996, 605-609.

6. Ibáñez, J. J.& C. Machado. 1995. Análisis de la Variabilidad Espacio-Temporal y Procesos Caóticos en Ciencias Medioambientales. Logroño.308p.

7. Mazza, S., G.B. Contreras, G.W. Videla, M. Polak, J.A. Schroeder y C.J. Tannure. 1996. Técnicas de muestreo para la evaluación de infestación por pulgones (*Aphis gossypii*) en algodón (*Gossypium hirsutum*). Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas SGCYT-UNNE. Actas 3(5):1-4.

8. Samper Calvete, F. J.; J. Carrera Ramírez. 1990. Geoestadística. Aplicaciones a la hidrología subterránea. 2da Ed. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. Barcelona.484p.

9. Scheaffer, R.L., W. Mendenhall & L. Ott. 1979. Elementary Survey Sampling. Duxbury Press. USA. pp 5-7; 141-161.

10. Steel, R.G. y J.H. Torrie. 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2da Ed. (1a. en español). Mc Graw Hill. México. pp 7-35; 83-116.